

Modulární vývojový KIT pro mikrokontrolér PIC16F877

Modular Development KIT for Microcontroller PIC16F877

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě 3. května 2011

.....

Chtěl bych poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Petru Olivkovi za jeho čas, který se mnou strávil konzultacemi na této bakalářské práci. Také bych chtěl poděkovat za jeho cenné rady a zkušenosti, bez kterých by tato diplomová práce nevznikla.

Abstrakt

Cílem této práce je navrhnout a vytvořit vývojový KIT pro mikrokontrolér PIC16F877 od firmy Microchip a jeho přídatné moduly, které bude tento mikrokontrolér řídit. Napájení z USB i ICD2 s jištěním proti přetížení. Součástí této práce je navrhnout modul s LED diodami a modul se segmentovými LED displeji. V návrhu byl kladen důraz na co nejnižší náklady a co nejjednodušší přidávání přídatných modulů.

Klíčová slova: Microchip, USB, ICD2, LED

Abstract

The aim of this work is to design and create a development kit for the PIC16F877 microcontroller from Microchip and its additional modules, which will drive the microcontroller. Power from USB and ICD2 and with protection against overloads. Part of this work is to design a module with LED display and LED segment. The design emphasis was placed on the lowest cost and the simplest mechanical adding additional modules.

Keywords: Microchip, USB, ICD2, LED

Seznam použitých zkratk a symbolů

MCU	– Mikrokontrolér (Microcontroller unit)
CMOS	– Doplnující se kov-oxid-polovodič (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor)
RISC	– Procesory s redukovanou instrukční sadou (Reduced Instruction Set Computer)
SRAM	– Statická paměť s nahodilým přístupem (Static random access-memory)
EEPROM	– Elektronicky mazatelná paměť jen pro čtení. (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory)
MIPS	– Milion instrukcí za sekundu (Million instructions per second)
I/O	– Vstupně/Výstupní. (Input/Output)
A/D	– Analogově/Digitální. (Analog/Digital)
LED	– Dioda emitující světlo (Light-Emitting Diode)
RGB	– Červená-zelená-modrá (Red-Green-Blue)
USB	– Univerzální sériová sběrnice (Universal Serial Bus)

Seznam obrázků

1	PIC16f887	9
2	Konektorový kolík	11
3	TEXTTOOL28	11
4	Symetrie	13
5	Schéma zapojení modulárního kitu	15
6	Návrh desky plošných spojů	16
7	LF-5WAEMBGMBW	19
8	L-154A4SURKQBDZGW	19
9	Schéma zapojení TYP A	20
10	Schéma zapojení TYP B	21
11	Schéma zapojení LED modulu	22
12	Návrh desky plošných spojů v EAGLE	23
13	LED modul	23
14	Vnitřní zapojení displeje	24
15	Schéma zapojení	25
16	Časový průběh signálu	26
17	Vnitřní schéma ULN2803A	26
18	Schéma zapojení modulu LED 8x8	27
19	Návrh desky plošných spojů v EAGLE	28
20	Modul se segmentovými displeji	28

Seznam tabulek

1	Popis patice A a D	13
2	Popis patice B a C	13
3	Naměřené hodnoty	19

Seznam výpisů zdrojového kódu

1	Test: Základní deska - Assembler	32
2	Test: LED modul - Assembler	34
3	Test: Modul se segmentovými displeji - Assembler	37

Obsah

1	Úvod	6
2	Základní koncepce vývojového kitu	7
3	Mikrokontrolér pro řízení	8
3.1	Výběr	8
3.2	Popis	8
3.3	Rozdělení portů mikrokontroléru	9
4	Mechanické řešení pro připojení dalších modulů	10
4.1	První návrh	10
4.2	Druhý návrh	10
4.3	Výběr a odůvodnění	10
5	Vytvoření patice pro program EAGLE	12
5.1	Patice pro porty A a D	12
5.2	Patice pro porty B a C	12
6	Základní deska modulárního kitu	14
6.1	Seznam součástek	14
6.2	Schéma zapojení	15
6.3	Návrh desky plošných spojů v EAGLE	16
7	LED modul	17
7.1	Jednobarevné LED	17
7.2	RGB LED	17
7.3	Odpory	20
7.4	Seznam součástek	21
7.5	Schéma zapojení	22
7.6	Návrh desky plošných spojů v EAGLE	23
8	Modul se segmentovými displeji	24
8.1	Požadavky	24
8.2	Výběr displeje	24
8.3	ULN2803A	26
8.4	Odpory	26
8.5	Seznam součástek	27
8.6	Schéma zapojení	27
8.7	Návrh desky plošných spojů v EAGLE	28
9	Oživení a odzkoušení	29
10	Závěr	30

11 Reference	31
Přílohy	31
A Zdrojový kód - Test základní desky	32
B Zdrojový kód - Test LED modul	34
C Zdrojový kód - Test Modul se segmentovými displeji	37

1 Úvod

Hlavním cílem této bakalářské práce je navrhnout vývojový KIT pro mikrokontrolér PIC16F877 od firmy Microchip. Tento vývojový KIT bude sloužit pro výuku programování mikrokontroléru. Tudiž jsem musel vytvořit kit, který bude pro ovládání a pochopení jednotlivých periférií jednoduchý.

Jedním z nejdůležitějších požadavků je, aby se mohly jednotlivé moduly nezávisle přidávat na vývojový kit. Proto jsme museli vyřešit jednoduché mechanické připojení. Kit bude napájen z USB s jištěním proti přetížení.

Součástí této bakalářské práce je navrhnout a vytvořit dva přídatné moduly. Prvním bude modul s 8-mi LED diodami a dvěma RGB LED diodami, která bude sloužit pro jednoduché ovládání LED diod pomocí mikrokontroléru. Zde si budou moci studenti vyzkoušet např. rozsvícení některých LED diod. Druhý modul bude obsahovat sedmi-segmentové displeje s potřebnými součástkami k ovládání těchto displejů. Tento modul se bude využívat pro pochopení a naučení se programovat mikrokontrolér pro ovládání segmentových displejů a multiplexu.

Úkolem je navrhnout zařízení, ve kterém budou použité dostupné součástky s vyhovujícími parametry za nízké náklady.

2 Základní koncepce vývojového kitu

Základním prvkem modulárního vývojového kitu bude mikrokontrolér PIC od firmy Microchip. Jak už z nadpisu vyplývá, kit má být modulární, tudíž má být vyroben tak, aby bylo možné přidávat jednotlivé periferie, resp. moduly na tento kit. V cílovém stavu bude napájen přes USB a ICD2 s jištěním proti přetížení.

Samostatný kit bez připojených další modulů bude obsahovat čip, tlačítka, 3 LED diody a mechanické řešení připojení dalších modulů. Podrobnějšímu popisu mechanického připojení se budeme věnovat v kapitole 4.

3 Mikrokontrolér pro řízení

3.1 Výběr

V zadání této bakalářské práce je uveden mikrokontrolér PIC16F877, ale tento čip už firma Microchip přestala vyrábět, tak jsem musel zvolit jiný typ. Vybraným typem je PIC16F887 (obr. 1PIC16f887figure.1). Tento mikrokontrolér je téměř totožný, s tím rozdílem, že už má v sobě zabudovaný svůj oscilátor. Tuto vlastnost využijeme při návrhu, protože se už nebudeme muset zabývat externím připojením oscilátoru. Dále tento čip má na portu A osm I/O pinů místo původních šesti.

3.2 Popis

Jedná se o 8-mi bitový mikrokontrolér (dále jen MCU), vyroben technologii CMOS, založen na architektuře RISC. Má oddělenou programovou paměť od datové paměti. Jedná se teda o harwardskou koncepci.

Vybraný model je 40 pinový mikrokontrolér v pouzdře PDIP. Tento MCU nám poskytuje časovače, čítače, zpracování přerušení, paměť SRAM, EEPROM, nízkopříkonové režimy, několik A/D kanálů.

MCU umožňuje napájení v rozmezí mezi 2,0 až 5,5 V. Jeho maximální frekvence je 20 MHz. Obsahuje sadu 32 instrukcí, při němž většina instrukcí se provede v jednom strojovém cyklu. Doba trvání jednoho strojového cyklu je minimálně čtyři hodinové takty. Maximální operační rychlost je až 5 MIPS. MCU má v sobě zabudovaný oscilátor. Tuto vlastnost využijeme při realizaci, neboť už nebudeme muset připojovat krystal.

3.2.1 Základní parametry

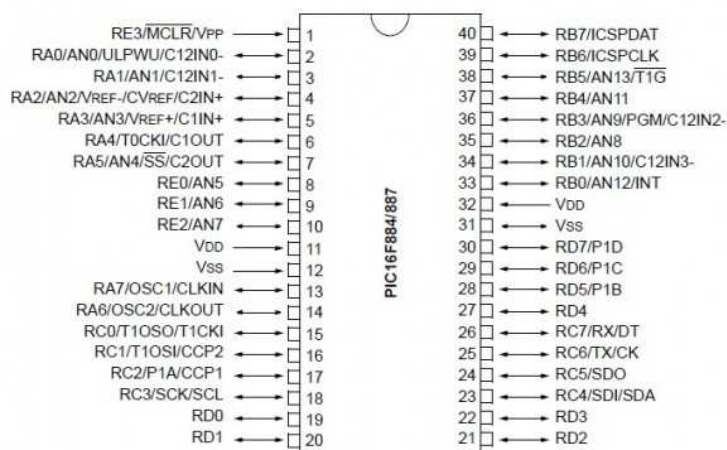
- 8kB Flash(words)
- 368 bytes SRAM
- 256 bytes EEPROM
- 35 I/O
- $V_{cc} = 2,0V-5,5V$
- $f_{max} = 20 \text{ MHz}$

3.3 Rozdělení portů mikrokontroléru

Mikrokontrolér obsahuje pět vstupně/výstupních portů. Tyto porty jsou označeny písmeny A až E. Nejprve bylo potřeba stanovit použití jednotlivých portů. Vzal jsem v úvahu tyto kritéria:

1. Kit musí být dále rozšiřitelný pomocí dalších modulů.
2. Všechny porty jsou vstupně/výstupní.
3. Porty A až D jsou osmi bitové.
4. Port E je pouze tří bitový.

Z důvodu toho, aby kit byl dále rozšiřitelný, jsem porty A až D vyvedl na patice (obr. 3TEXT00L28figure.3). Tímto jsem si zaručil možnost využití všech těchto portů pro přídavné moduly. Podrobnějšímu popisu, jak se jednotlivé moduly přidávají jsou probrány v kapitole 4. Na základní desce tohoto kitu je port A použit pro práci s tlačítky. Není využito všech osm bitů. Na port E jsou připojeny LED diody, které budou řízeny hodnotou logická 1. V dalších kapitolách probereme využití ostatních portů pro tuto bakalářskou práci.



Obrázek 1: PIC16F887

4 Mechanické řešení pro připojení dalších modulů

4.1 První návrh

Při řešení mechanického připojení jsem musel vyřešit, jak jednoduše a rychle budeme jednotlivé moduly připojovat a odpojovat. První úvaha spočívala v poohlédnutí se po dvou patičkách pro integrované obvody, které by odpovídaly našim požadavkům a do těchto vybraných patic bychom zasunuli konektorové kolíky (obr. 2 Konektorový kolíkfigure.2). Tím by došlo jak k mechanickému, tak elektrickému spojení.

Objevil se ale problém v zasouvání a demontování konektorového kolíku z patice. Zasouvání a demontování šlo složitě a těžce, což by postupem času vedlo k poškození kitu nebo přídatného modulu.

4.2 Druhý návrh

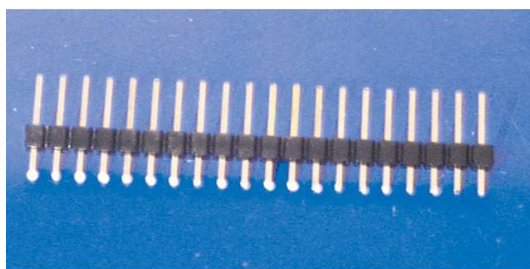
Druhý návrh je obdobou prvního. Liší se pouze ve výběru lepšího druhu patice (obr. 3 TEXTTOOL28figure.3). Zde jsem vybral patici *TEXTTOOL28*, která má 28 pinů. Všechny 28 pinů sice nevyužijeme, ale v porovnání s ostatními druhy, které by odpovídaly našemu počtu pinů, je cena této patice nízká. Patice nám přinesla velice efektivní montáž a demontáž přídatných modulů, protože umožňuje široké rozevření kontaktů a tudíž nemáme problém konektorový kolík vložit a v opačném případě odpojit. Tato patice také disponuje svoji patentovanou páčkou, která slouží k pevnému sevření kontaktů. V našem případě dojde k pevnému připojení přídatného modulu.

4.3 Výběr a odůvodnění

V prvním případě se nám nelíbilo nepraktické přidávání a odebírání přídatného modulu a s tím spojená možnost poškození jak kitu, tak přídatného modulu. Plusem u této varianty byla cena patice.

Druhá varianta nám přinesla velice efektivní přidávání a odebírání modulů. Ale nevýhodou jsou větší pořizovací náklady.

I přes větší pořizovací náklady jsem se rozhodl pro variantu 2. Náklady nejsou natolik vysoké, abychom si mohli dovolit nepraktické používání a s ním spojené jeho rizika. Dalším výrazným plusem je levný protikus.



Obrázek 2: Konektorový kolík



Obrázek 3: TEXTTOOL28

5 Vytvoření patice pro program EAGLE

Jak už bylo několikrát řečeno, velký důraz byl kladen na přidávání modulů na kit. Abychom dosáhli tohoto cíle, musel jsem vytvořit v programu EAGLE patice pro připájení konektorového kolíku a zároveň přivedení signálu na přidavnou desku.

Tyto patice, minimálně jedna, budou základním prvkem v každém modulu, jelikož patice nám zajistí, kde se jednotlivé bity portů nachází a také nám poslouží k určení místa připájení jednotlivých konektorových kolíků.

Celkově byly vytvořeny dvě patice. První patice slouží k přívodu portů A a D. Druhá nám zajistí přívod portů B a C. Podrobnějšímu popisu se budeme věnovat dále.

5.1 Patice pro porty A a D

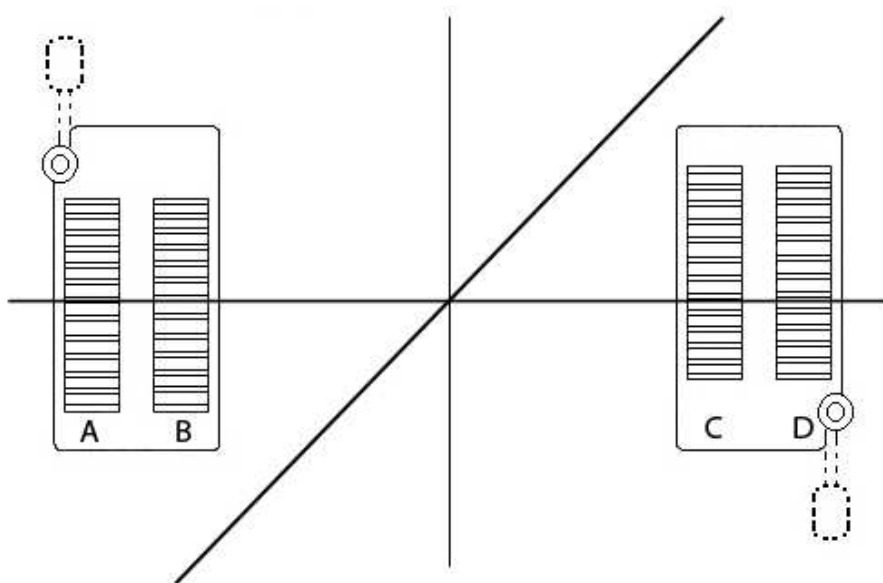
Patice je navržena tak, aby byla použitelná jak pro přivedení portu A, tak portu D. Při návrhu využíváme její symetričnost. Jinými slovy, při normální poloze ji můžeme použít pro port A. Po otočení o 180° tuto patici využijeme pro port D.

V programu EAGLE Light jsem vytvořil patici, která je tvořena určitým počtem padů na desce plošných spojů. Jednotlivé pady jsou seřazeny do tří sloupců. První sloupec obsahuje čtrnáct padů. Druhý a třetí sloupec pouze dva. Čtrnáctý pad prvního sloupce je ve vodorovné linii s druhým padem druhého a třetího sloupce. Při návrhu jsem byl omezen šířkou desky, protože program EAGLE Light povoluje maximální šířku 4". Z tohoto důvodu jsou rozestupy mezi sloupci zvolené následujícím způsobem. Mezi prvním a druhým sloupcem je rozstup 3,7". Druhý sloupec je ještě posunut o 0,3". První pad prvního sloupce slouží k přivedení kladného napětí. Druhý pad téhož sloupce slouží k uzemnění. Tyto funkce vykonávají i pady druhého a třetího sloupce, ale jejich funkce jsou v obráceném pořadí. Ostatní pady slouží pro přívod bitů z portu.

Proč byly vytvořeny další dva sloupce, které nám žádnou novou funkcionalitu nepřinesly? Sloupce byly vytvořeny z důvodu použitelnosti pro port A a port D. Když totiž patici otočíme o zmiňovaných 180°, tak tyto dva sloupce nám zajistí, kde se má patice ukotvit v závislosti na některé z již umístěných patic.

5.2 Patice pro porty B a C

Druhá patice, jak už z nadpisu vyplývá, slouží pro porty B a C. Je velice podobná té první. Liší se však počtem sloupců padů a také rozestupy mezi jednotlivými sloupci. Patice disponuje dvěma sloupci, při čemž první sloupec obsahuje čtrnáct padů a druhý, tak stejně jako u první patice dva. Čtrnáctý pad prvního sloupce je ve vodorovné linii s druhým padem druhého sloupce. Rozstup mezi sloupci je 3,4". Funkce jednotlivých padů je stejná jako u první patice. Zase je zde využita symetričnost.



Obrázek 4: Symetrie

<i>PAD</i>	<i>FUNKCE</i>
1	V_{cc}
2	GND
3	$AD0$
4	$AD1$
5	$AD2$
6	$AD3$
7	$AD4$
8	$AD5$
9	$AD6$
10	$AD7$
11	$AD8$
12	$AD9$
13	$AD10$
14	$AD11$

Tabulka 1: Popis patice A a D

<i>PAD</i>	<i>FUNKCE</i>
1	V_{cc}
2	GND
3	$CB0$
4	$CB1$
5	$CB2$
6	$CB3$
7	$CB4$
8	$CB5$
9	$CB6$
10	$CB7$
11	$CB8$
12	$CB9$
13	$CB10$
14	$CB11$

Tabulka 2: Popis patice B a C

6 Základní deska modulárního kitu

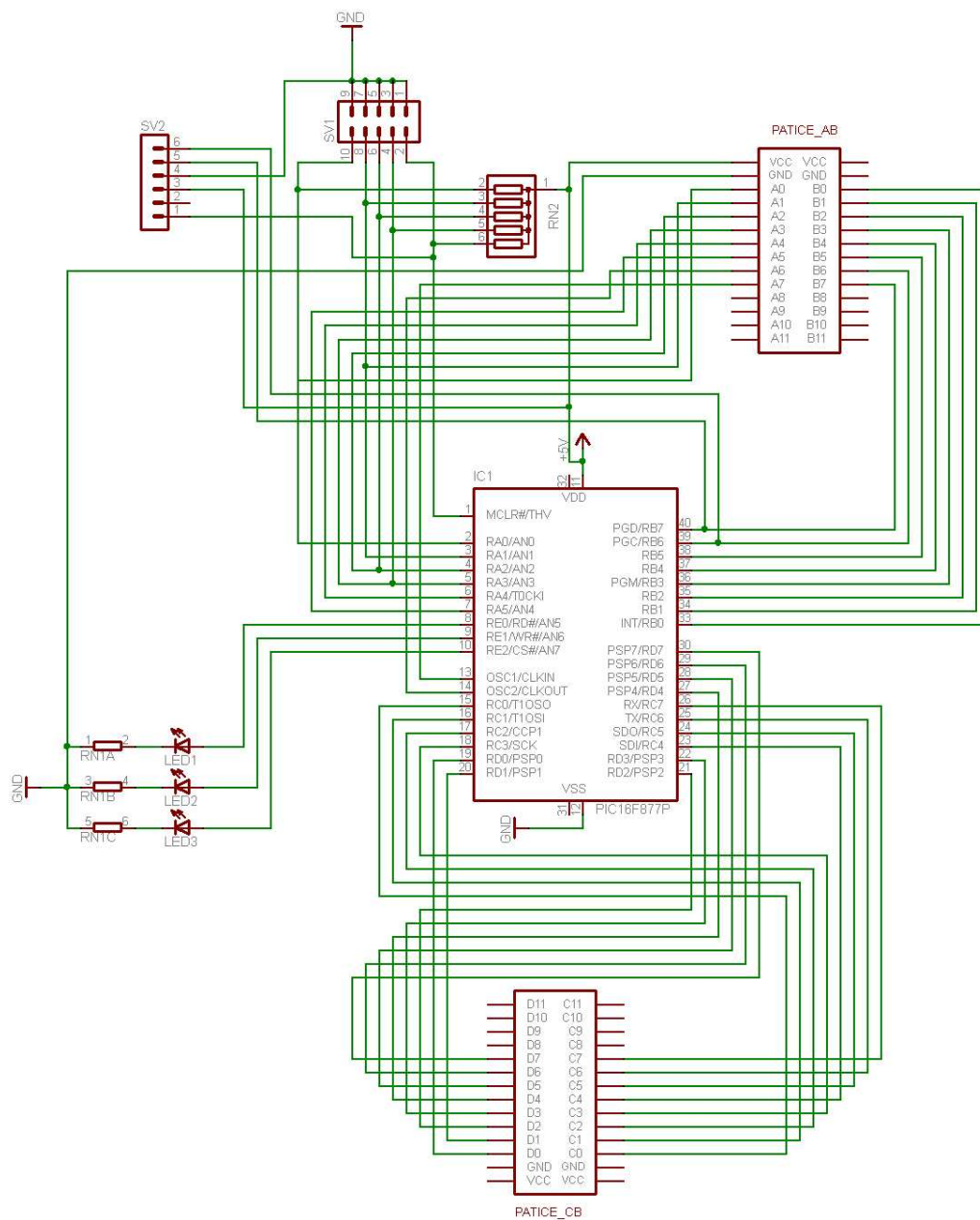
Základní deska modulárního kitu je v této bakalářské práci pouze v první verzi. Je teda navrhnutá tak, abychom byli schopni odzkoušet všechny její periferie a přídatné moduly.

Základním prvkom je mikrokontrolér PIC 16F887, který slouží k řízení. Přes programátor ASIX PRESTO budeme mikrokontrolér programovat a také tento kit napájet. Protože se jedná o prototyp, nejsou zde všechny periferie ve finální fázi. Například tlačítka jsou nahrazena pomocí dvou vedle sebe umístěných konektorových kolíků. Na základní desce najdeme tři jednobarevné LED diody, které jsou řízené logickou hodnotou jedna. Poslední částí jsou dvě patice *TEXT00L28*, které slouží k mechanickému uchycení přídatných modulů a zároveň přivedení signálu na tyto moduly.

6.1 Seznam součástek

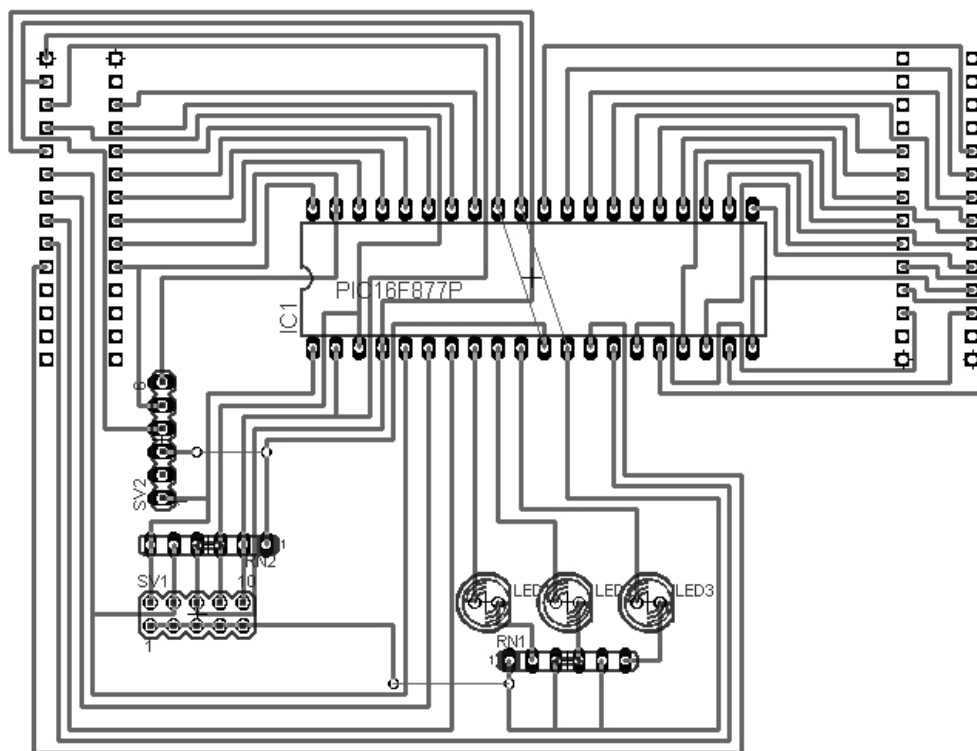
IC1	PIC16F887
RN2	47 k Ω
RN1A, RN1B, RN1C	1,5 k Ω
SV1	tlačítka
SV2	konektor pro programátor
LED1, LED2, LED3	LED5MM

6.2 Schéma zapojení



Obrázek 5: Schéma zapojení modulárního kitu

6.3 Návrh desky plošných spojů v EAGLE



Obrázek 6: Návrh desky plošných spojů

7 LED modul

Nyní se budeme zabývat přídatným modulem číslo jedna. Dále tento modul budeme označovat jako LED modul. Modul bude demonstrovat práci s LED diodami a RGB LED diodami. Popíšeme si jednotlivé součástky a proč tyto součástky byly vybrány.

7.1 Jednobarevné LED

Na modul bylo použito osm klasických jednobarevných LED diod. Uspořádány jsou vedle sebe a všechny jsou připojeny na port D, při čemž první dioda zleva bude řízena nejnižším bitem a poslední dioda zprava nejvyšším bitem. Všechny diody budou katodou připojeny na zem, abychom mohli diody řídit logickou 1. Diody jsou průměru 5 mm.

7.2 RGB LED

Součástí LED modulu jsou dvě RGB LED diody. Při výběru jsem měl tyto požadavky:

- RGB LED musí mít společnou katodu
- Prolínání barev musí být věrohodné

Postupně si popíšeme jednotlivé testované RGB LED a řekneme si jejich výhody a nevýhody. V závěru zdůvodníme výběr.

7.2.1 První testovaná RGB LED

První testovanou diodou je RGB LF-5WAEMBGMBW (obr. 7LF-5WAEMBGMBWfigure.7) od výrobce KINGBRIGHT ELECTRONIC. Jedná se o plně barevnou difúzní diodu, která disponuje červenou, zelenou a dvěma modrými barvami. Obsahuje dvě katody. Tato dioda tedy není klasickou RGB LED. První katoda je katodou společnou pro červenou a jednu z modrých barev. Druhá katoda je společná pro zelenou a zbylou modrou barvu.

7.2.1.1 Základní parametry

- RGB LED dioda Ø5 mm
- λ_d červená = 625 nm
- λ_d zelená = 568 nm
- λ_d modré = 455 nm
- $I_f = 20$ mA

7.2.2 Druhá testovaná RGB LED

Druhou testovanou RGB diodou je L-154A4SURKQBDZGW (obr. 8L-154A4SURKQBDZGWfigure.8), taktéž od výrobce KINGBRIGHT ELECTRONIC. Stejně jako u první diody se jedná o plně barevnou difúzní diodu. Tato dioda má pouze jednu modrou, červenou, zelenou barvu a jednu společnou katodu.

7.2.2.1 Základní parametry

- RGB LED dioda Ø5 mm
- λ_d červená = 635 nm
- λ_d zelená = 525 nm
- λ_d modré = 470 nm
- $I_f = 20$ mA

7.2.3 Výběr RGB LED

Každou z uvedených RGB LED diod jsem musel otestovat. Testování bylo provedeno na nepájivém kontaktním poli.

Zapojil jsem RGB LED do nepájivého pole a k nim připojil odpory s hodnotou 220 ohm. Tyto odpory mi zaručily, aby nedošlo k překročení maximálního povoleného proudu. S těmito odpory byly do série připojeny potenciometry, které sloužily pro regulaci jasu jednotlivých barev RGB diod. Potenciometry jsem mohl demonstrovat prolínání barev a určit, která z těchto RGB bude lépe vyhovovat. Ukázalo se, že diody mají dost podobné optické vlastnosti. Pro konečný výběr rozhodovaly i jiné faktory. Jako je cena výrobku, jednodušší připájení na desku plošných spojů a s tím související náročnost na výrobu.

Rozhodl jsem se pro RGB LED L-154A4SURKQBDZGW (varianta 2). Důvodem byla nižší cena výrobku a menší počet vývodů. Dioda má totiž čtyři vývody na místo šesti, kterými disponuje RGB LED u varianty 1.

Odpory, které byly připojeny a zaručovaly maximální povolený proud se měřením ukázaly jako nevhodné, protože na anodách byly naměřeny menší hodnoty proudů, než dioda povoluje. S těmito hodnotami jsem nebyl spokojen a z tohoto důvodu musely být zvolené jiné hodnoty odporů. Vyřadil jsem tyto odpory a postupným snižováním odporu na potenciometru jsem dosáhl na jednotlivých anodách proudu 20 mA. Naměřené hodnoty tab. 3Naměřené hodnotytable.3:

<i>BARVA</i>	<i>ODPOR(Ω)</i>
<i>Red</i>	130
<i>Green</i>	82
<i>Blue</i>	82

Tabulka 3: Naměřené hodnoty

I přes dobré optické vlastnosti, co se týče prolínání barev jsme chtěli docílit ještě většího zmléčnění diody. Vznikla myšlenka vzít obyčejnou difúzní LED, ale s větším průměrem a do této LED vyvrtat díru na vložení RGB LED. Tenhle pokus nebyl moc úspěšný, protože nám to nepřineslo skoro žádné zlepšení. Ba naopak zbytečné komplikace. Proto jsem se rozhodl tuto myšlenku nerealizovat.



Obrázek 7: LF-5WAEMBGMBW



Obrázek 8: L-154A4SURKQBDZGW

7.3 Odpory

Pro každou diodu, jak jednobarevnou tak RGB je připojen odpor. U RGB LED diody byly odpory zvoleny měřením, u ostatních byly z parametrů dopočítány podle Ohmova zákona:

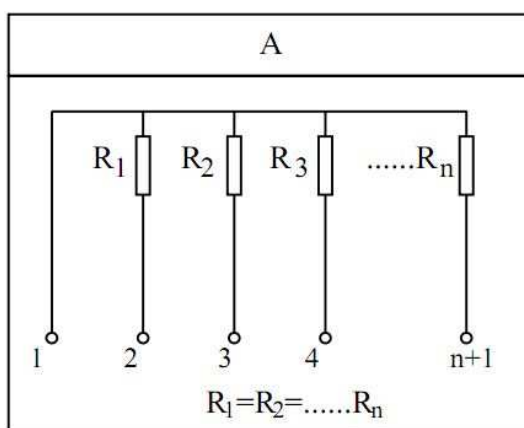
$$R = \frac{U}{I}$$

,kde I je el. proud[A], U je el. napětí[V], R je el. odpor[Ω]

Odpory jsou připojeny za účelem úbytku napětí a aby nedošlo k překročení maximálního povoleného proudu. Na LED modulu nejsou použity klasické odpory, ale tzv. rezistorové sítě. Rezistorové sítě jsou zvoleny z důvodu úspory místa na desce plošných spojů. Existuje více variant těchto sítí, ale my jsme použili typ A a typ B.

7.3.1 Typ A

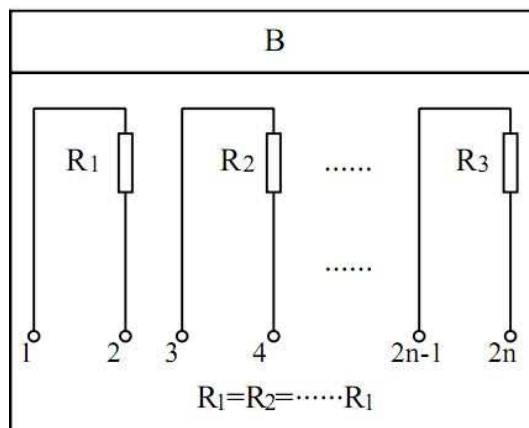
Jedná se o množinu odporů, které mají jeden společný pin a jsou zapouzdřeny do miniaturního pouzdra. Schéma zapojení viz obr. 9 Schéma zapojení TYP A figure.9.



Obrázek 9: Schéma zapojení TYP A

7.3.2 Typ B

Množina odporů zapouzdřeny do miniaturního pouzdra. Nemají už jeden společný pin, ale každý odpor má svoje vlastní dva vývody. Schéma zapojení viz obr. 10 Schéma zapojení TYP B figure.10.

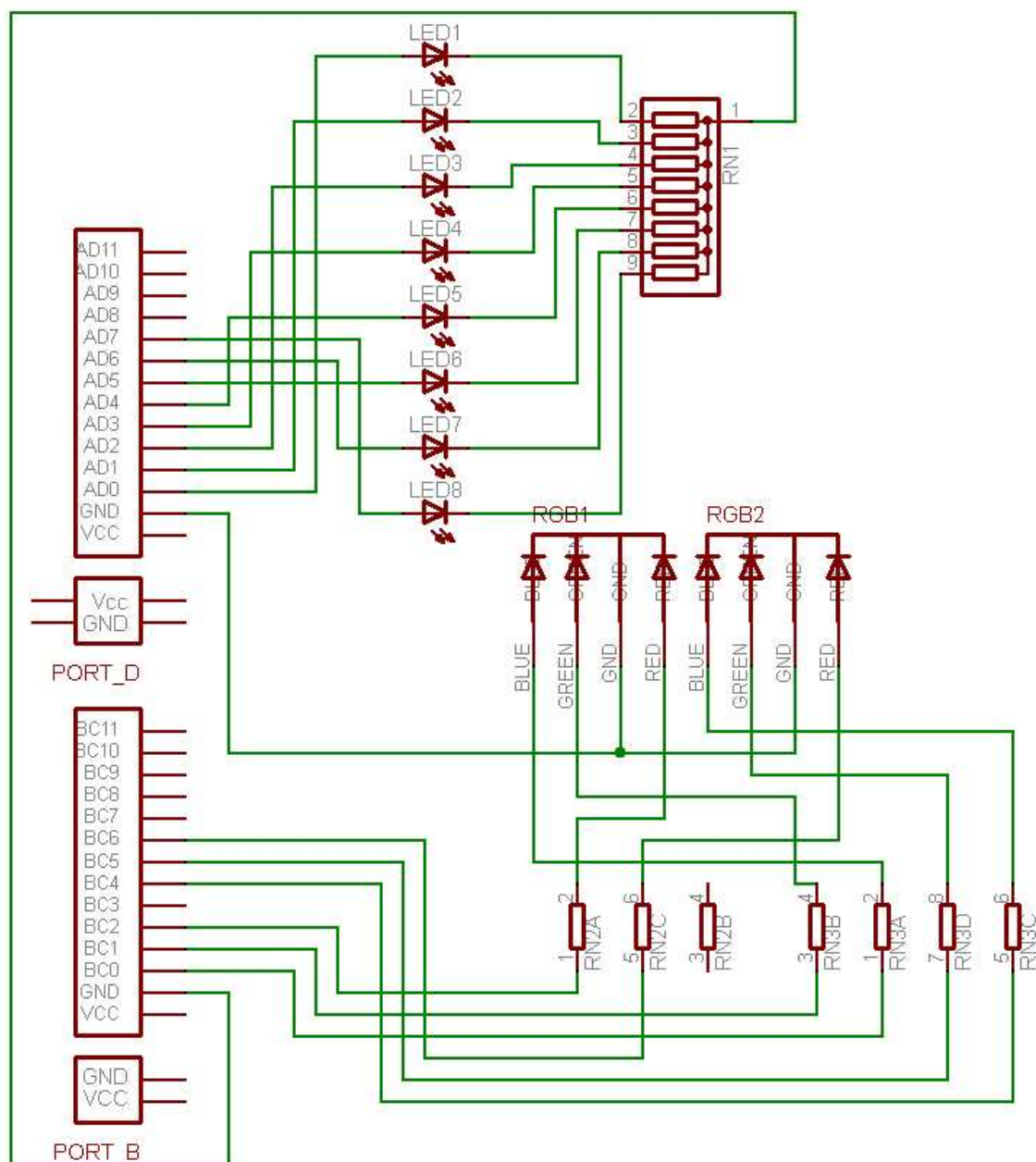


Obrázek 10: Schéma zapojení TYP B

7.4 Seznam součástek

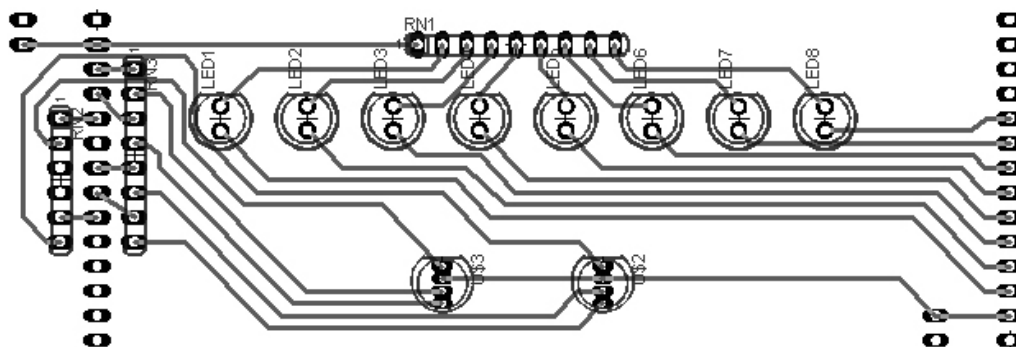
RGB1, RGB2	L-154A4SURKQBDZGW
LED1 až LED8	LED5MM
RN1	1,5 k Ω
RN2A, RN2B	130 Ω
RN3A, RN3B, RN3C, RN3D	82 Ω

7.5 Schéma zapojení

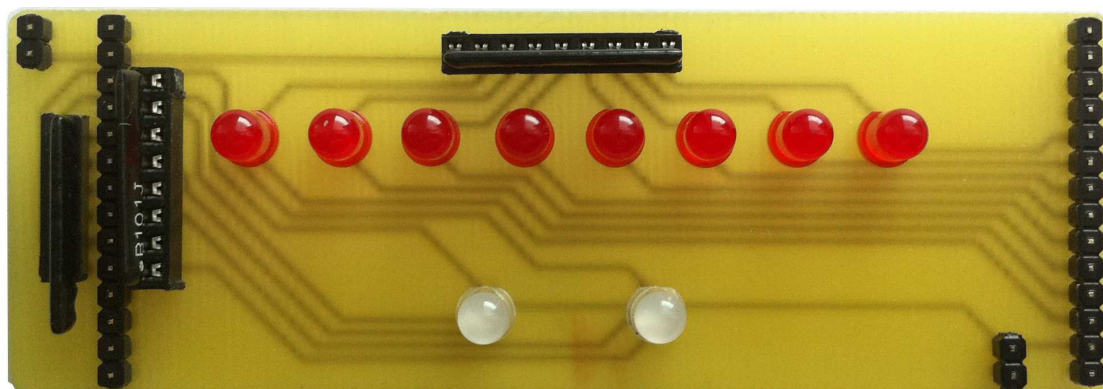


Obrázek 11: Schéma zapojení LED modulu

7.6 Návrh desky plošných spojů v EAGLE



Obrázek 12: Návrh desky plošných spojů v EAGLE



Obrázek 13: LED modul

8 Modul se segmentovými displeji

Druhým přídatným modulem, který je součástí obsahu této bakalářské práce, je modul se sedmi-segmentovými displeji. Modul bude sloužit pro výuku, jejíž náplní je, naučit se programovat mikrokontrolér tak, aby mohl ovládat sedmi - segmentové displeje.

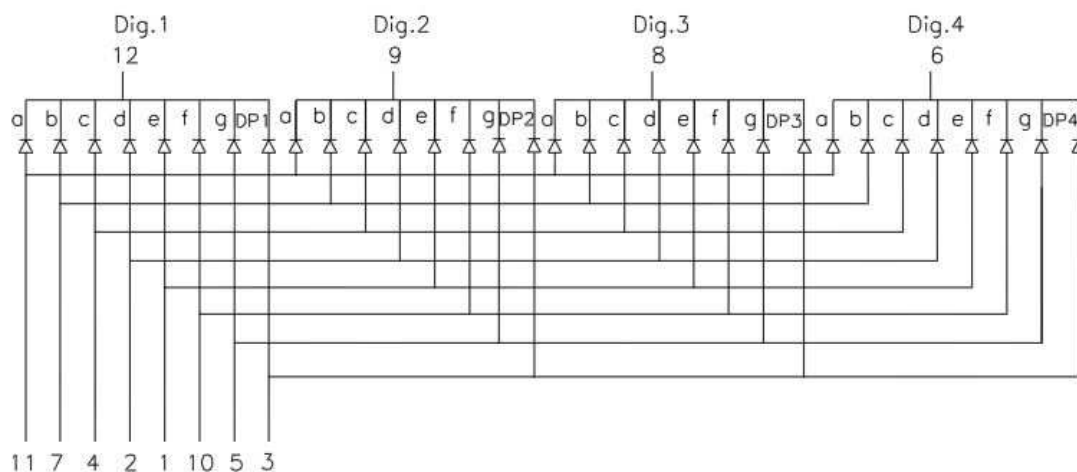
8.1 Požadavky

- Modul bude obsahovat osm sedmi-segmentových displejů
- Displeje budou mít společnou katodu

Jak už bylo napsáno, modul má obsahovat osm sedmi - segmentových displejů. Vznikla zde další otázka. Jsme schopni těchto osm displejů multiplexovat, tak aby jas byl dostatečně velký? Nezbývalo mi nic jiného než vybrat sedmi - segmentové displeje a odzkoušet.

8.2 Výběr displeje

Z široké nabídky displejů byl vybrán displej CC56-12EWA od firmy KINGBRIGHT ELECTRONIC, který splňuje naše požadavky. Displej obsahuje čtyři sedmi-segmenty a pouze dvanáct pinů. Což výrazně sníží nároky na výrobu. Schéma vnitřního zapojení obr. 14 Vnitřní zapojení displeje figure.14.



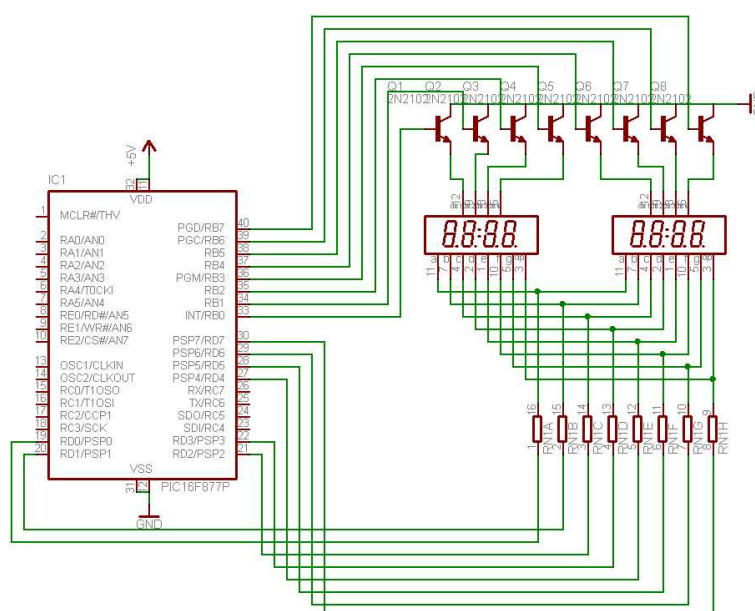
Obrázek 14: Vnitřní zapojení displeje

8.2.1 Základní parametry

- LED 4 x 7-segment
- MX displej 14,2 mm
- λ_d červená = 625 nm
- $I_f = 20$ mA

8.2.2 Testování multiplexování displejů

Testování bylo prováděno na nepájivém kontaktním poli. Připojil jsem dva displeje, mikrokontrolér, tranzistory a odpory do kontaktního pole. Podle schématu obr. 15 Schéma zapojení figure.15

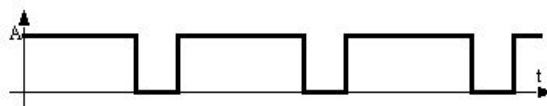


Obrázek 15: Schéma zapojení

Piny RB1 až RB7 jsou připojeny na báze tranzistorů a určují, který displej bude zobrazovat informace. Piny RD1 až RD6 jsou přes odpor připojeny k segmentům A až G obou displejů a předávají data. Pin RD7 je připojen přes odpor k desetinné tečce displejů.

Po nahrání programu do mikrokontroléru a následném spuštění se ukázalo, že jas displeje je na takové úrovni, že jsme schopni jasně a zřetelně přečíst informaci i za slunečního světla. Při měření proudu na segmentech byly zjištěny mále hodnoty. Tyto hodnoty proudů jsem zvýšil snížením hodnot odporů na jednotlivých segmentech a to rovnou o polovinu. Jas se mi podařil zvýšit i úpravou programu pro mikrokontrolér. Zdrojový kód jsem upravil tak, že jsem zvětšil dobu svícení, než je doba, kdy displej nesvítí. Jde

o změnu poměru délky signálu a mezery při konstantní časové periodě. Nesměla být překročena perioda, tak aby blikání bylo viditelné.

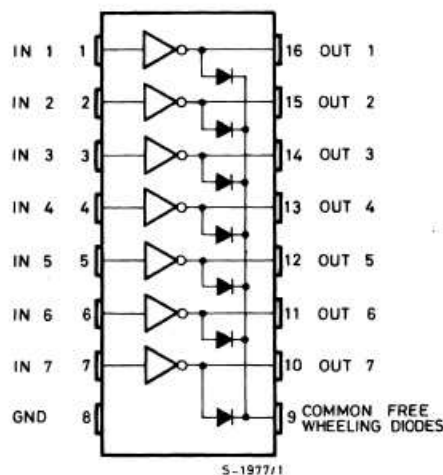


Obrázek 16: Časový průběh signálu

Po provedení těchto úprav se jas displejů rapidně zvýšil. Nebude teda problém použít na tento přídatný modul osm sedmi-segmentových displejů.

8.3 ULN2803A

Pro buzení jednoho displeje je potřeba čtyř tranzistorů. Celkem by bylo potřeba pro dva displeje osm tranzistorů. Z důvodu zjednodušení výroby, návrhu a co nejmenšího plošného spoje jsem místo diskretních součástek použil tranzistorové pole ULN2803A. Vnitřní blokové schéma je na obr. 17. Vnitřní schéma ULN2803A figure.17. Tento integrovaný obvod je tvořen osmi spínacími bloky, z nichž každý blok je tvořen dvěma tranzistory v tzv. Darlington zapojení. Na každém vstupu je připojen omezující rezistor 2,7 k Ω . Díky této vlastnosti obvodu nemusíme už připojovat další odpory a můžeme všech osm vstupních pinů připojit rovnou k mikrokontroléru.



Obrázek 17: Vnitřní schéma ULN2803A

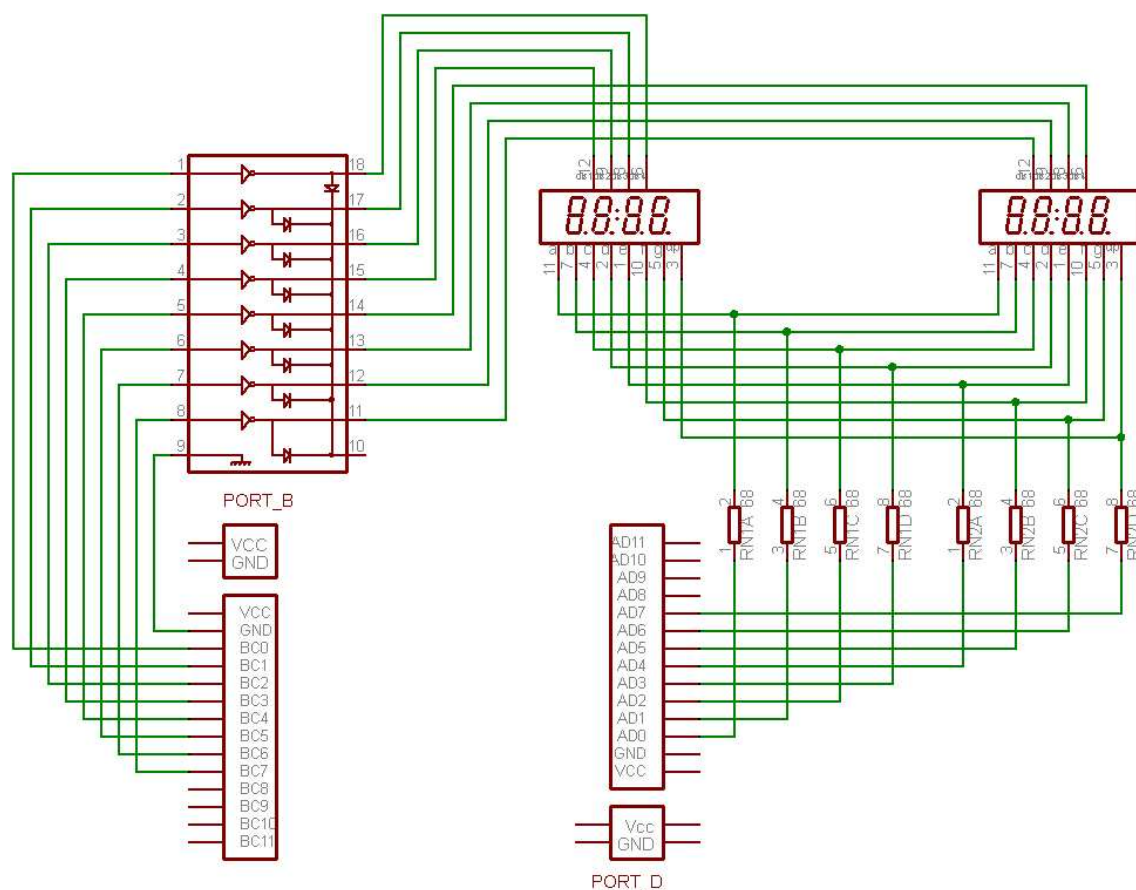
8.4 Odpory

Použita rezistorová síť ve variantě B. U tohoto modulu slouží rezistorová síť k snížení proudu na jednotlivých segmentech displeje.

8.5 Seznam součástek

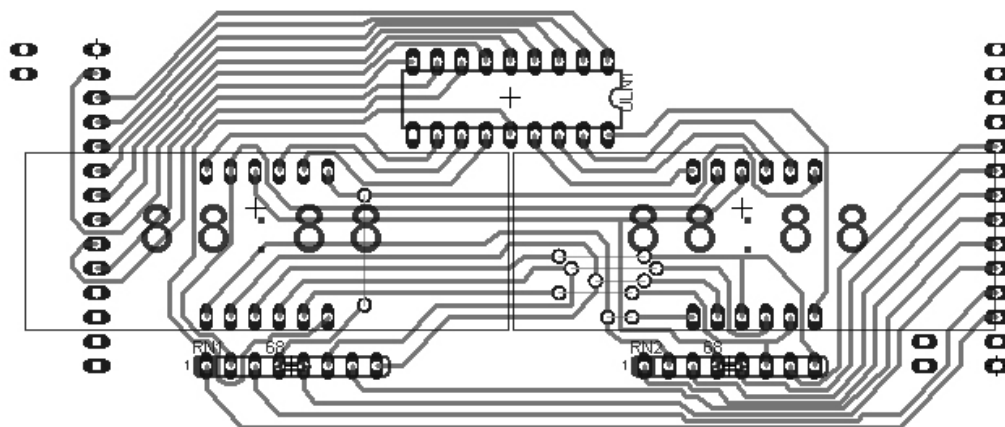
DISPLEJ1, DISPLEJ2	CC56-12EWA
RN1A, RN1B, RN1C, RN1D	68 Ω
RN2A, RN2B, RN2C, RN2D	68 Ω
Tranzistorové pole	ULN2803A

8.6 Schéma zapojení

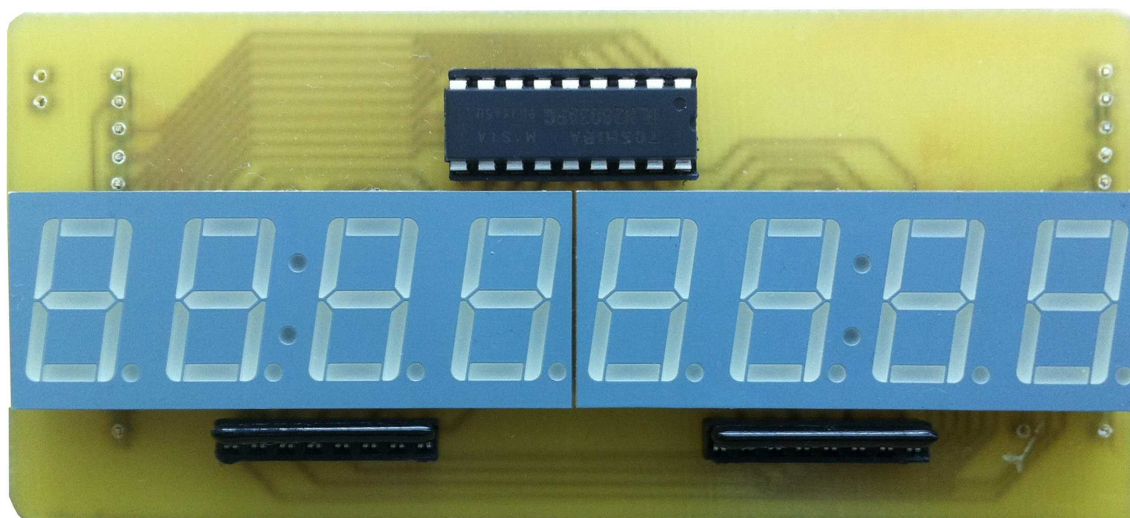


Obrázek 18: Schéma zapojení modulu LED 8x8

8.7 Návrh desky plošných spojů v EAGLE



Obrázek 19: Návrh desky plošných spojů v EAGLE



Obrázek 20: Modul se segmentovými displeji

9 Oživení a odzkoušení

Po vyleptání všech desek plošných spojů a osazení součástkami, které provedl vedoucí práce, jsem musel provést důkladné testování. Testována byla základní deska a dva přídavné moduly (LED modul a Modul se segmentovými displeji).

Oživení a testování probíhalo následujícím způsobem:

- Test tlačítek na základní desce (RESET atd.)
- Napsání programu pro testování LED diod na základní desce, následné nahrání do mikrokontroléru a odzkoušení funkčnosti.
- Přidání LED modulu.
- Napsání nového programu pro LED modul, nahrání a odzkoušení funkčnosti.
- Odebrání LED modulu a přidání Modulu se segmentovými displeji.
- Napsání nového programu pro Modul se segmentovými displeji, nahrání a odzkoušení funkčnosti.

Při testování LED modulu byl zjištěn problém u jedné z RGB LED diod, resp. u jedné z barev diody. Po prozkoumání desky se ukázalo, že došlo k špatnému pájení a došlo k propojení dvou anod. Dioda má totiž blízko sebe vývody, které se na desku špatně pájejí. V této první verzi byl problém vyřešen proškrábnutím cínu mezi těmito propojenými anodami. V dalších vyrobených deskách bude tento problém vyřešen přidáním patice pro diodu, které umožní zvětšení rozestupu mezi vývody. Podobný problém se vyskytl u Modulu se segmentovými displeji, ale nebyla zde chyba v pájení, ale v leptání desky plošných spojů. Mezi dvěma spoji nebyla dostatečná mezera a spoje se propojovaly. Z tohoto důvodu došlo k špatnému chování modulu. Jelikož se jedná o první testovací desky, dá se předpokládat, že můžou tyto problémy nastat.

10 Závěr

Cílem mé bakalářské práce bylo navrhnout a vytvořit vývojový kit, který bude rozšiřitelný pomocí přídatných modulů. Kit a přídatné moduly byly navrženy tak, aby splňovaly veškeré požadavky a mohly být zařazeny do výuky programování mikrokontroléru Microchip PIC. Výrazným přínosem tohoto kitu a přídatných modulů je cena, která je minimální. Nedá se tedy srovnávat s komerčními výrobky. Důležitou částí je také jednoduchost zapojení a efektivní přidávání a odebírání přídatných modulů.

11 Reference

- [1] Datasheet mikrokontroléru Microchip PIC.
- [2] Datasheet displeje CC56-12EWA.
- [3] Datasheet RGB LED L-154A4SURKQBDZGW.
- [4] Webové stránky společnosti Microchip(www.microchip.com)

A Zdrojový kód - Test základní desky

```
#include p16f887.inc
__CONFIG __CONFIG1, _LVP_OFF & _WDT_OFF & _INTRC_OSC_NOCLKOUT

    cnt_hi equ 0x10
    cnt_lo equ 0x11
    org 0x00
goto begin

    org 0x04
        retfie

    org 0x08

;***** Main *****

vynulovat
    movlw d'255'
    movwf cnt_hi;
wait decfsz cnt_lo
goto wait
    decfsz cnt_hi
goto wait

    movlw b'00000000';
    movwf PORTE;

    return

begin

    bsf    STATUS, RP0
    movlw  b'00000000';
    movwf  OPTION_REG
    movlw  b'00000000';
    movwf  TRISE;
    bsf    STATUS, RP1
    clrf   ANSEL
    bcf    STATUS, RP1
    bcf    STATUS, RP0

repeat
    movlw  b'00000001';
    movwf  PORTE;
    call   vynulovat;

    movlw  b'00000010';
    movwf  PORTE;
    call   vynulovat;

    movlw  b'00000100';
```

```
    movwf PORTE;  
    call vynulovat;  
  
goto repeat  
  
end;
```

Výpis 1: Test: Základní deska - Assembler

B Zdrojový kód - Test LED modul

```
#include p16f887.inc
__CONFIG __CONFIG1, _LVP_OFF & _WDT_OFF & _INTRC_OSC_NOCLKOUT

cnt_hi equ 0x10 ; register 0x10 is cnt-high
cnt_lo equ 0x11
rr equ 0x12
org 0x00
goto begin

org 0x04
    retfie

org 0x08

;***** Main *****
vynulovat call vynulovat3
vynulovat3 call vynulovat2;
vynulovat2
    movlw d'255'
    movwf cnt_hi;
wait decfsz cnt_lo
goto wait
    decfsz cnt_hi
goto wait

    movlw b'00000000';
    movwf PORTD;
    movwf PORTB;

    return

begin

    bsf STATUS, RP0
    movlw b'00000000';
    movwf OPTION_REG
    movwf TRISD;
    bsf OSCCON,IRCF0
    movlw b'00000000';
    movwf TRISB;
    movwf TRISE;
    bsf STATUS, RP1
    clrf ANSEL
    bcf STATUS, RP1
    bcf STATUS, RP0
    movlw b'00000000'
    movwf PORTB;
```

repeat

```
movlw b'00000001'; led1
movwf PORTD;
call   vynulovat

movlw b'00000010'; led2
movwf PORTD;
call   vynulovat

movlw b'00000100'; led3
movwf PORTD;
call   vynulovat

movlw b'00001000'; led4
movwf PORTD;
call   vynulovat

movlw b'00010000'; led5
movwf PORTD;
call   vynulovat

movlw b'00100000'; led6
movwf PORTD;
call   vynulovat

movlw b'01000000'; led7
movwf PORTD;
call   vynulovat

movlw b'10000000'; led8
movwf PORTD;
call   vynulovat

movlw b'00000001'; RGB1
movwf PORTB;
call   vynulovat

movlw b'00000010'; RGB2
movwf PORTB;
call   vynulovat

movlw b'00000100'; RGB3
movwf PORTB;
call   vynulovat

movlw b'00010000'; RGB4
movwf PORTB;
call   vynulovat

movlw b'00100000'; RGB5
movwf PORTB;
call   vynulovat

movlw b'01000000'; RGB 6
```



```
    movwf PORTB;  
    call    vynulovat  
  
goto repeat  
  
end;
```

Výpis 2: Test: LED modul - Assembler

C Zdrojový kód - Test Modul se segmentovými displeji

```
#include p16f887.inc
__CONFIG __CONFIG1, _LVP_OFF & _WDT_OFF & _INTRC_OSC_NOCLKOUT

cnt_hi equ 0x10
cnt_lo equ 0x11
displ equ 0x12
opak equ 0x13
org 0x00
goto begin

;**** Main ****
cekej2 call cekej

cekej movlw d'255'
      movwf cnt_hi;
wait  decfsz cnt_lo
      goto wait
      decfsz cnt_hi
      goto wait
      return

vynulovat
      movlw d'5'
      movwf cnt_hi;
      call wait

      movlw b'00000000';
      movwf PORTD;
      movlw b'00000000';
      movwf PORTB;
      return

begin

      bsf STATUS, RP0
      movlw b'00000000';
      movwf OPTION_REG
      movwf TRISD;
      movwf TRISB;
      bsf OSCCON,IRCF0

      ;bank 3
      bsf STATUS, RP1
      clrf ANSEL

      ;navrat do banku 1
      bcf STATUS, RP1
      bcf STATUS, RP0
```

```
        movlw d'8'
        movwf opak;

tu      movlw b'11111111';
        movwf PORTB;
        movwf PORTD;
        call  cekej;
        call  cekej;
        call  cekej;
        decfsz opak
        goto  tu

        movlw b'00000001';
        movwf displ;

        movlw d'8'
        movwf opak;

opakuj  movlw b'00000001';
        movwf PORTD;
        movf  displ,PORTB
        call  cekej2;

        movlw b'00000010';
        movwf PORTD;
        call  cekej2;

        movlw b'00000100';
        movwf PORTD;
        call  cekej2;

        movlw b'00001000';
        movwf PORTD;
        call  cekej2;

        movlw b'00010000';
        movwf PORTD;
        call  cekej2;

        movlw b'00100000';
        movwf PORTD;
        call  cekej2;

        movlw b'01000000';
        movwf PORTD;
        call  cekej2;

        movlw b'10000000';
        movwf PORTD;
        call  cekej2;

        RLF   displ,1;
        decfsz opak
```

goto opakuj;

repeat

movlw b'00000001'; dis1
movwf PORTB;

movlw b'00111111'; 0
movwf PORTD;
call vynulovat

movlw b'00000010';dis2
movwf PORTB;

movlw b'00000110'; 1
movwf PORTD;
call vynulovat

movlw b'00000100'; dis3
movwf PORTB;

movlw b'01011011';2
movwf PORTD;
call vynulovat

movlw b'00001000';dis 4
movwf PORTB;

movlw b'01001111'; 3
movwf PORTD;
call vynulovat

movlw b'00010000';dis 5
movwf PORTB;

movlw b'01100110'; 4
movwf PORTD;
call vynulovat

movlw b'00100000';dis 6
movwf PORTB;

movlw b'01101101'; 5
movwf PORTD;
call vynulovat

movlw b'01000000';dis 7
movwf PORTB;

movlw b'01111101'; 6
movwf PORTD;
call vynulovat

movlw b'10000000';dis 8

```
movwf PORTB;  
  
movlw b'00000111'; 7  
movwf PORTD;  
call   vynulovat  
goto repeat  
  
end;
```

Výpis 3: Test: Modul se segmentovými displeji - Assembler